

呼び水を有する階段式魚道の流れと魚の遡上について

東洋大学 学生員 ○小坂 祐樹
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 青木 宗之
 東洋大学 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

魚道の研究では、構造諸元や水力条件と魚類の遡上行動や魚道内流況に着目したものが多い。日本にある既設魚道の約90%以上はプールタイプの階段式魚道であるといわれており、この階段式魚道についても、魚道内流況と魚類の遡上行動や水力条件との関係に着目した研究がなされている¹⁾。魚道に求められる機能は、魚類を確実に上流へ遡上させることである。そのためには、魚類を魚道入口へと誘導し、魚道内へ確実に進入できることが要求される。

そこで本研究では、その要求を満たすための条件として、まず流量の変化を考え、その結果魚道下流域に生じる流れに着目し、その流れに対する魚の挙動特性を明らかにすることを目的とし模型実験を行った。

2. 模型実験概要

図-1に示す階段式魚道モデルは幅60(cm)、水路勾配が1/500、魚道勾配、呼び水水路勾配がそれぞれ1/10である、魚道隔壁には千鳥状に切り欠きを配置した(図中の○部)。ここで、表-1に示す各ケースで魚道下流域($x=0\sim80\text{cm}$, $y=0\sim60\text{cm}$)の水理量の測定及び、平均体長 $BL=8.3(\text{cm})$ のウグイを用いた挙動実験を行った。ウグイは実験一回につき20尾を使用し、30分間流水に慣れさせた後に挙動をビデオカメラで撮影した。

3. 実験結果

(1) 遡上率と誘導率

遡上率及び誘導率は以下のように定義し、6時間経過後の結果を図-2に示す。ここで誘導率とは、呼び水の集魚効果の程度を表わしている。

$$\text{遡上率} = \frac{\text{遡上に成功した魚の個体数}}{\text{実験時使用した魚の個体数}} \times 100$$

$$\text{誘導率} = \frac{\text{魚道下流入口まで行った魚の総個体数}}{\text{遡上を試みた魚の総個体数}} \times 100$$

結果を見ると遡上率、誘導率ともにRun2が最も高く、Run3が同程度の遡上率であった。Run5は遡上率、誘導率ともに最も低かった。ここで、呼び水流速 v_p と魚

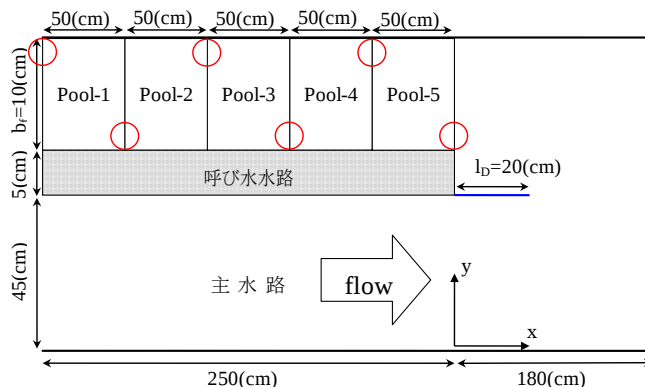


図-1 階段式魚道モデル

表-1 実験ケース

	流量 $Q(\text{l/s})$	導流壁 $l_D(\text{cm})$	下流水深 $h(\text{cm})$	実験時間 (hour)
Run1	5	20	10	6
Run2	6	20	10	6
Run3	7	20	10	6
Run4	8	20	10	6
Run5	18	20	10	6
Run6	8	無し	10	6

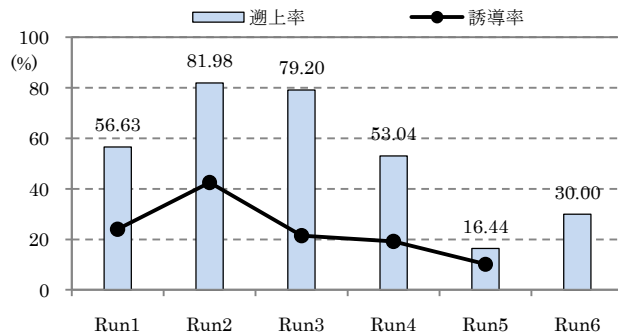
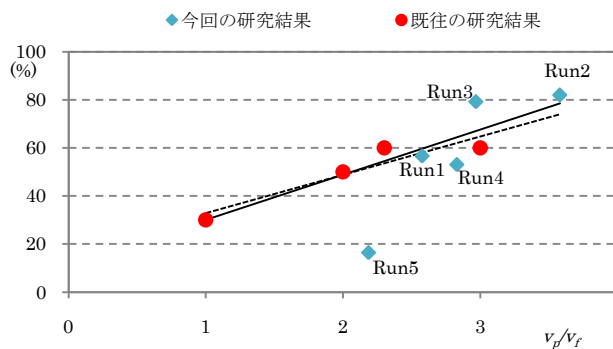


図-2 遡上率と誘導率

図-3 遡上率と v_p/v_f の関係

キーワード 階段式魚道、呼び水、導流壁、ウグイ、流量変化、循環流

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 TEL049-239-1404 E-mail: gd1100020@toyo.jp

道越流流速 v_f との比 v_p/v_f と遡上率との関係を図-3 に示す. 青木ら²⁾の研究では流量一定の条件のもと, v_p/v_f を変化させ遡上率との関係が比例関係にあることが明らかになっている(図-3 の破線). 今回の流量を変化させた場合の結果と比較してみると, Run1~Run4 は同様な傾向を示している(図-3 の実線). しかし Run5 は青木らの示した流速比 v_p/v_f と遡上率の関係に当てはまらない. したがって, v_p/v_f 以外の要因が遡上率に影響を与えていると考えられる.

(2) 導流壁の有無と流量変化

導流壁の有無と流量の変化によって生じる魚道下流域の流況を図-4 に示す. 導流壁がない Run6 は魚道下流域に循環流が発生している(図-4 a 破線円部). 導流壁を設けることで, 同じ流量の Run4 では循環流の発生を抑制することができている, さらに流量を増加させても(Run5)循環流は生じていない. 循環流の発生は魚の遡上を阻害する要因の一つであるが, 循環流の発生していない Run5 は, 循環流の発生している Run6 よりも遡上率が低い. したがって, Run5 は循環流とは異なる原因が遡上率を下げたと考えられる.

(3) 魚道下流域の流況

Run5 は循環流の発生はみられなかったが, 魚道下流域内の右岸側(図-4 c ○部)に多くの個体が停位している事がビデオから確認できた. 魚道下流域の流速分布を見てみると(図-5), Run5 の堰下流右岸側では体長 BL の 2~4 倍の流速であった. 一方, 実験で用いたすべての個体は魚道直下の左岸側壁($y=55\sim58\text{cm}$)に沿って遡上していることが確認できた. Run4 の魚道直下流は体長 BL の 2~5 倍の流速であり, Run1~Run3 も Run4 とほぼ同等な流速であった. したがって, Run5 は魚道下流域の右岸側で, Run1~Run4 の魚道直下流の左岸側壁と同等な体長 BL の 2~4 倍の流速が生じ, それが今回使用した個体の選好する流速域であったため, 個体在那里に停位した. その結果, 個体が魚道内へと進入せず遡上率が低下したのではないかと考えられる.

4. おわりに

流速比 v_p/v_f と遡上率の関係は, 先に行った青木ら²⁾の研究と同様な傾向を示した. 青木らの研究結果と Run1~Run4 までの結果をあわせることで, より相関のある近似線を得ることができた(図-3 の実線).

魚の遡上を阻害する要因として, 魚道下流域での循環流の発生他に, 個体によって差があると考えられるが, 魚の選好する流速域とその位置によって, 遡上

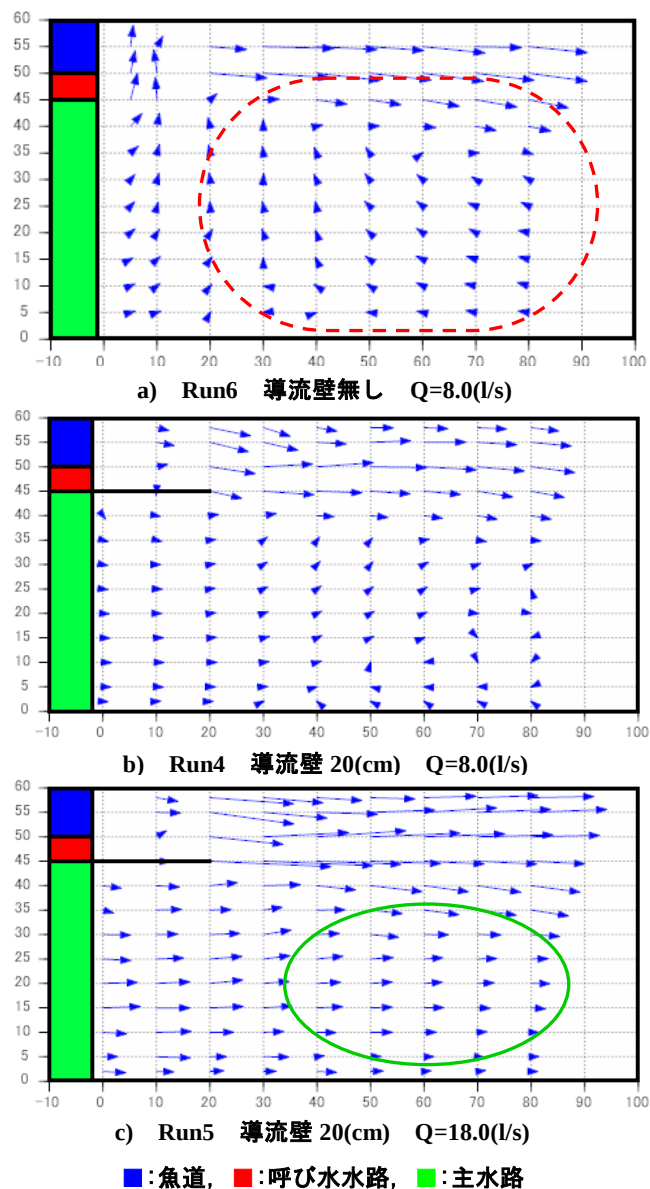


図-4 流速ベクトル図

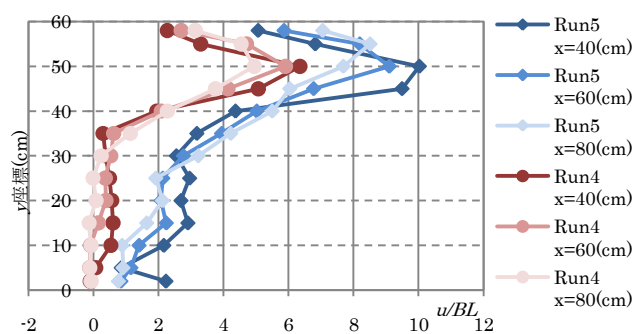


図-5 魚道下流域の流速分布

を阻害する原因になりうる事が判った.

参考文献

- 1) 浪平ら: 階段式魚道における流量変化に伴うプール毎の流況およびウグイの遡上行動, 水工学論文集, 第 51 巻, pp1291-1296, 2007
- 2) 青木ら: 呼び水式魚道下流における流れとそれに対する魚の挙動, 日本流体力学会誌「ながれ」, 第 28 巻第 6 号, pp485-493, 2009